

Контрольные карты можно использовать [4–6]:

- как сигнал о том, что в процессе произошло некоторое изменение, так и в качестве оценки величины изменения, для которого требуется коррекция;
- исключительно как сигнал о том, что в процессе произошло некоторое изменение, чтобы оператор-технолог (доменщик) осознал, что процесс требует его внимания;
- для получения оценок числа случаев в прошлом, когда в процессе возникали изменения, и установления на их основе причин, вызывающих эти изменения;
- как меру качества продукции для классификации по периодам.

Предлагаемый подход расширяет функциональные возможности действующей информационно-управляющей системы доменной печи № 2 АО «ЕВРАЗ ЗСМК».

### Список использованных источников

1. Экспертная система диагностики хода доменной печи в замкнутом контуре управления / В.Б. Трофимов // Теория активных систем: Труды международной научно-практической конференции. Т.1. – М.: Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, 2011. – С. 192–197.
2. О разработке интеллектуальной автоматизированной системы диагностики состояний доменной печи / В.Б. Трофимов, Н.В. Ковалев // Теплотехника и информатика в образовании, науке и производстве: сборник докладов IV Всероссийской научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых учёных (ТИМ'2015) с международным участием, посвящённой 95-летию основания кафедры и университета. – Екатеринбург: ООО «УЦАО», 2015. – С. 422–426.
3. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами: учебно-практическое пособие / В.Б. Трофимов, С.М. Кулаков. – М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 232 с.
4. Ефимов В.В. Средства и методы управления качеством / В.В. Ефимов. – М.: КноРус, 2010. – 225 с.
5. ГОСТ Р 50779.42-99. Статистические методы. Контрольные карты Шухарта. – Введ. 2000-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1999. – 38 с.
6. Рожков В.Н. Управление качеством / В.Н. Рожков. – М.: Форум, 2012. – 335 с.

УДК 669.5

**П. Ю. Трофимов, В. Ю. Носков**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ МЕТОДОМ ARIMA

### Аннотация

*В статье представлено описание процесса разработки программы прогнозирования временных рядов методом ARIMA на языке программирования Python 3. Описывается метод прогнозирования ARIMA и представлены основные этапы разработки программного обеспечения, предназначенного для прогнозирования временных рядов.*

*Ключевые слова: прогнозирование, временные ряды, Python, ARIMA.*

### Abstract

*The article presents the development of forecasting software time series ARIMA method in the programming language Python 3. Describes a method of forecasting ARIMA and presents the main development stages of the software designed for time series forecasting.*

*Keywords: forecasting, time series, Python, ARIMA.*

Временные ряды (Time series) дают возможность прогнозировать будущие значения. На основании предыдущих значений, временные ряды можно использовать для прогнозирования тенденций в экономике, погоде, планировании пропускной способности и т.д.

В данной статье описывается проведение прогнозирования на основании временных рядов с помощью одного из наиболее часто используемых методов прогнозирования временных рядов, известного как ARIMA.

В Python для прогнозирования будущих точек временного ряда есть SARIMAX или интегрированная модель авторегрессии — скользящего среднего с экзогенными (вызываемый внешними причинами) регрессорами (независимая переменная). В данном контексте мы углубимся только в ARIMA, на компоненте, который используется для подгонки данных временных рядов для последующего прогнозирования будущих точек временного ряда.

Реализация решения задачи

В данной реализации используется набор данных «Атмосферное содержание CO<sub>2</sub> из образцов воздуха в обсерватории Мауна-Лоа, Гавайи, США», с марта 1958 года по декабрь 2001 года. Исходные данные в виде графика представлены на рисунке 1.

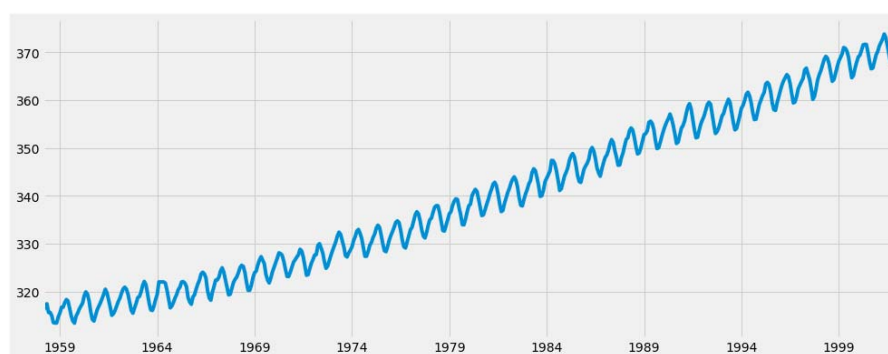


Рис. 1. Исходные данные атмосферного содержания CO<sub>2</sub> из образцов воздуха в обсерватории Мауна-Лоа, Гавайи (США)

ARIMA — интегрированная модель и методология анализа временных рядов. Для прогнозирования временных рядов ARIMA использует интегрированную модель авторегрессии — скользящего среднего.

Есть три различных числа ( $p$ ,  $d$ ,  $q$ ), которые используются для параметризации моделей в ARIMA. В связи с этим модели ARIMA обозначаются символом ARIMA ( $p$ ,  $d$ ,  $q$ ).

Вместе эти параметры подсчитывают сезонность, тенденцию и шум в наборах данных:

- $p$  — это авторегрессионная модель. Модель временных рядов, в которой значения временного ряда в данный момент линейно зависят от предыдущих значений этого же ряда. Именно это нам и позволяет воздействовать на эту модель другими значениями. Другими словами, завтра будет тепло, если предыдущие 3 дня было тепло;

- $d$  — является интегрированной частью модели. Для примера - завтра будет такая же температура, если разница в температуре последние три дня была очень маленькая;

- $q$  — это так называемая скользящая средняя модели. Именно она позволяет нам установить погрешность нашей модели как линейную комбинацию значений ошибок, которые произошли в прошлом.

При рассмотрении сезонных эффектов мы используем сезонную ARIMA, которые обозначаются как ARIMA ( $p$ ,  $d$ ,  $q$ ) ( $P$ ,  $D$ ,  $Q$ )  $s$ . Где ( $p$ ,  $d$ ,  $q$ ) несезонные параметры и они описаны выше.

Термин  $s$  является периодичностью временного ряда (4 для квартальных периодов, 12 для годовых периодов и т.д.)

Для проведения прогнозов необходимо выполнить следующие шаги:

- 1) выбор оптимальных параметров для модели ARIMA ( $p$ ,  $d$ ,  $q$ ) ( $P$ ,  $D$ ,  $Q$ )  $s$ ;

- 2) включить подобранные оптимальные значения в новую модель.
- 3) проверить прогнозы созданной модели на реальных данных и выявить точность работы модели (рис. 2).
- 4) использовать модель для прогнозирования параметра на  $n$  шагов (рис. 3).

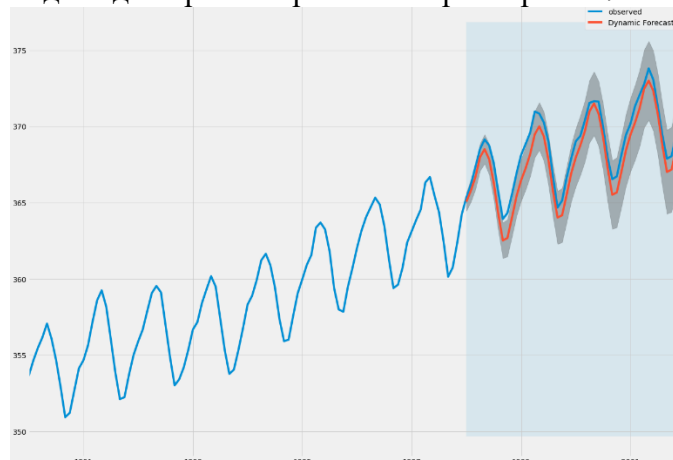


Рис. 2. Сравнение фактических и прогнозируемых данных

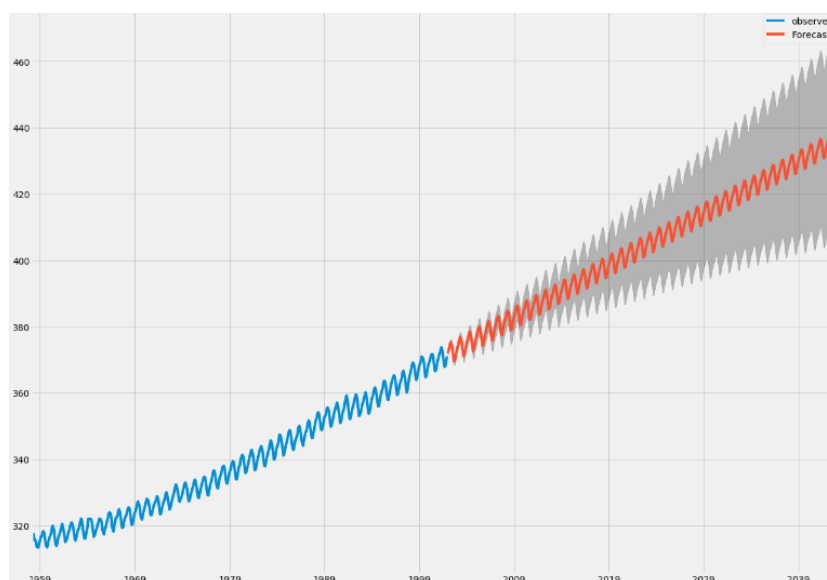


Рис. 3. Прогноз изменения параметра

В результате работы программы была реализована модель способная предсказать уровень  $\text{CO}_2$  в воздухе с некоторой погрешностью. Прогнозы показали, что уровень  $\text{CO}_2$  продолжает расти стабильными темпами.

### Список использованных источников

1. Web-ресурс сети Интернет [сайт]. URL: [https://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive\\_integrated\\_moving\\_average](https://en.wikipedia.org/wiki/Autoregressive_integrated_moving_average).
2. Web-ресурс сети Интернет [сайт]. URL: <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2016/02/time-series-forecasting-codes-python/>. Статья "A comprehensive beginner's guide to create a Time Series Forecast".
3. Web-ресурс сети Интернет [сайт]. URL: <https://habrahabr.ru/company/ods/blog/327242/>. Статья "Анализ временных рядов с помощью Python".
4. Web-ресурс сети Интернет [сайт]. URL [https://en.wikipedia.org/wiki/Time\\_series](https://en.wikipedia.org/wiki/Time_series). Статья "Time series".